

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-351607

(P 2 0 0 0 - 3 5 1 6 0 7 A)

(43) 公開日 平成12年12月19日(2000.12.19)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
C01B 3/38		C01B 3/38	4G040
3/50		3/50	5H027
C22C 14/00		C22C 14/00	A
H01M 8/06		H01M 8/06	G

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-162416

(22) 出願日 平成11年6月9日(1999.6.9)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 小林 一登

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 三菱重工業株式会社内

(72) 発明者 藤本 芳正

広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号 三菱重工業株式会社広島研究所内

(74) 代理人 100078499

弁理士 光石 俊郎 (外2名)

Fターム(参考) 4G040 EA03 EA06 EB03 EB14 EB23
EB33 EB35 EB43

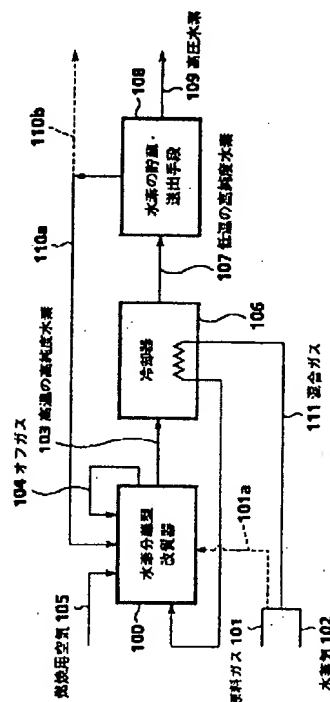
5H027 AA02 BA01 BA14 BA16

(54) 【発明の名称】 水素製造装置

(57) 【要約】

【課題】 炭化水素や含酸素炭化水素化合物を原料として水蒸気改質反応によって水素を製造する水素製造装置を提供することを課題とする。。

【解決手段】 炭化水素や含酸素炭化水素化合物を原料とし、触媒上の水蒸気改質反応によって水素を製造する水素製造装置であって、該触媒を加熱する手段を有するとともに該触媒層内に水素を選択的に分離する水素分離膜を内蔵した水素分離型改質器100と、該改質器100から得られた高温の高純度水素を冷却する冷却手段106と、該冷却手段106の後流に設置された水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段108とを具備してなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭化水素や含酸素炭化水素化合物を原料とし、触媒上の水蒸気改質反応によって水素を製造する水素製造装置であって、

該触媒を加熱する手段を有するとともに該触媒層内に水素を選択的に分離する水素分離膜を内蔵した水素分離型改質器と、

該改質器から得られた高温の高純度水素を冷却する冷却手段と、

該冷却手段の後流に設置された水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段とを具備してなることを特徴とする水素製造装置。

【請求項2】 請求項1において、

前記高温の高純度水素を冷却する手段が、間接的な熱交換器からなることを特徴とする水素製造装置。

【請求項3】 請求項1又は2において、

前記間接的な熱交換器を介して前記高温の高純度水素を冷却する流体が、前記水素分離型改質器に供給される原料ガス又は燃焼用空気のいずれか一方又は両方であることを特徴とする水素製造装置。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか一項において、

前記間接的な熱交換器を介して前記高温の高純度水素を冷却するための流体が大気又は冷却水のいずれか一方又は両方であることを特徴とする水素製造装置。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれか一項において、

前記水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段が、加熱冷却手段を内蔵した水素吸蔵合金であって、少なくとも2基以上からなることを特徴とする水素製造装置。

【請求項6】 請求項5において、

前記間接的な熱交換器を介して前記高温の高純度水素を冷却する流体が冷却水であり、該熱交換器の熱交換により加温された温水を前記水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段における水素送出手段の加熱用として供給されることを特徴とする水素製造装置。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれか一項において、

前記高温の高純度水素を冷却する冷却手段と該冷却手段の後流に設置された水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段との間に、圧力調整手段を介装してなり、前記水素の貯蔵・送出手段へ供給される前記高純度水素の圧力を調整することを特徴とする水素製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は炭化水素や含酸素炭化水素化合物を原料として水蒸気改質反応によって水素を製造する水素製造装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 水素分離型改質器を用いた従来の水素製

造装置としては、例えば特開平4-325402号公報等に提案がある。該提案においては、燃料電池用の水素製造装置として水素分離型改質器を用いて、減圧手段により水素を改質器の系外に取り出す水素製造装置が開示されている。

【0003】 この装置構成の概念を図9に示す。図9に示すように、水素分離型改質器01内には、水素分離膜02及び触媒08が設けられており、原料ガス06と水蒸気07とが供給されて改質反応により発生した水素が、該分離膜02により分離され、該分離された水素が透過する水素透過側03に減圧装置04を設けて、高純度の水素05を取り出すようにしている。

【0004】 この水素分離型改質器01ではメタンやメタノールなどの炭化水素や含酸素炭化水素からなる原料ガス06を導入し、触媒08上で水蒸気改質反応とCOシフト反応によって、主に水素と二酸化炭素とに改質し、触媒08に内蔵された水素分離膜02で水素を選択的に分離し回収するものである。

【0005】 ここで、水素分離膜02としては、例えば特開平6-321503号公報に示されているように、PdやPd合金等の水素透過性の金属膜からなる厚さ数～50μm程度の非常に薄い無孔質薄膜が利用されている。

【0006】 また、触媒08としては第VIII族金属(Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Pt等)を含有する触媒が好ましく、Ni, Ru, Rhを担持した触媒またはNiO含有触媒等が特に好ましい。

【0007】 典型的な水素分離型改質器の構造の斜視的断面図を図8に、その横断面図を図9に示す。これらの図面に示すように、水素分離型改質器10は底部12を閉じた外筒14と、その内側に順次配設された中筒16及び内筒18とを備えている。外筒14、中筒16および内筒18とも直立円筒形をなしている。中筒16と内筒18との間の第2環状空間部26の上部に予備改質部25を備え、その下方には選択的に水素を透過する金属膜を備えた水素透過円筒管34を第2環状空間部26と同心状に複数個配設する。

【0008】 燃焼バーナ46は燃料ガス管48を介して導入された燃料ガスを空気取り入れ管50を介して取り入れた空気によって燃焼して、水蒸気改質反応に必要な熱エネルギーを改質触媒Aを充填した触媒層26に供給して所定温度に維持する。燃料ガスは内筒中空部22、外筒14の底部12と環状底部24との間の空間、次いで第1環状空間部20を経て燃焼ガス出口52から外部に出る。その間に、触媒層26を加熱する。

【0009】 メタンやメタノールなどの炭化水素や含酸素炭化水素からなる原料ガスと水蒸気との混合ガスからなるプロセスフィードガスが第2環状空間部26の上部に設けられたフィードガス入口54から導入されて予備改質部25でプロセスフィードガスの一部が水素に転化

し、さらに触媒層26に流入して高温下で水素に転化する。生成水素は水素透過円筒管34により選択的に分離、収集され、第3空間部33を経由して、その上部に設けられた水素出口56から流出する。

【0010】触媒層26を通過した未反応の原料ガス、生成したCO、CO₂ガスは触媒層26の下部に開口を有するオフガス管60を経由してオフガス出口62より系外に流出する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の装置においては、生成した水素は減圧装置6により水素分離型改質器10より取り出されるが、良く知られているように、水素分離膜では水素透過側を出来るだけ低い圧力にすることで効率良く、従って、少ない膜面積で必要な水素量が得られる。このため、効率の良い減圧装置が望まれていた。

【0012】また、減圧装置としては真空ポンプ等が考えられるが、このような回転機では水素のような軽いガスを効率良く送出するのは難しく大きな動力が必要であるという問題がある。

【0013】更に、前記特開平4-325402号公報では減圧装置を含む具体的な装置構成の提示はなされておらず、具体的な実施を図ることができない。

【0014】本発明はこのような事情に鑑み、前記減圧装置を伴う具体的に実施可能な装置構成を実現し、水素分離型改質器を用いた水素製造装置であって、必要膜面積を出来るだけ少なく出来る装置を提供するとともに、減圧装置を利用した装置の耐久性を向上させる装置構成を提供することを課題とするものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決する本発明の【請求項1】の発明は、炭化水素や含酸素炭化水素化合物を原料とし、触媒上の水蒸気改質反応によって水素を製造する水素製造装置であって、該触媒を加熱する手段を有するとともに該触媒層内に水素を選択的に分離する水素分離膜を内蔵した水素分離型改質器と、該改質器から得られた高温の高純度水素を冷却する冷却手段と、該冷却手段の後流に設置された水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段とを具備してなることを特徴とする。

【0016】【請求項2】の発明は、請求項1において、前記高温の高純度水素を冷却する手段が、間接的な熱交換器からなることを特徴とする。

【0017】【請求項3】の発明は、請求項1又は2において、前記間接的な熱交換器を介して前記高温の高純度水素を冷却する流体が、前記水素分離型改質器に供給される原料ガス又は燃焼用空気のいずれか一方又は両方であることを特徴とする。ここで、原料ガスとしては、例えば炭化水素や含酸素炭化水素化合物と水蒸気からなるものを例示することができる。

【0018】【請求項4】の発明は、請求項1乃至3のいずれか一項において、前記間接的な熱交換器を介して前記高温の高純度水素を冷却するための流体が大気又は冷却水のいずれか一方又は両方であることを特徴とする。

【0019】【請求項5】の発明は、請求項1乃至4のいずれか一項において、前記水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段が、加熱冷却手段を内蔵した水素吸蔵合金であって、少なくとも2基以上からなることを特徴とする。

【0020】【請求項6】の発明は、請求項5において、前記間接的な熱交換器を介して前記高温の高純度水素を冷却する流体が冷却水であり、該熱交換器の熱交換により加温された温水を前記水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段における水素送出手段の加熱用として供されることを特徴とする。

【0021】【請求項7】の発明は、請求項1乃至6のいずれか一項において、前記高温の高純度水素を冷却する冷却手段と該冷却手段の後流に設置された水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段との間に、圧力調整手段を介装してなり、前記水素の貯蔵・送出手段へ供給される前記高純度水素の圧力を調整することを特徴とする。

【0022】前記構成によれば、以下の作用・効果を奏するものとなる。

【0023】(1) 改質器より分離した高温の高純度水素を、間接熱交換器である冷却器によって水素吸蔵材料の水素を吸蔵し易い温度まで一旦下げ、水素吸蔵材料へ供給することで、水素吸蔵速度と吸蔵量を増加させるとともに、大気圧以下の低い圧力で改質器から水素を取り出すことが出来るため、水素分離膜の膜面積を減少させることができ、更に真空ポンプを利用した場合に比べ所要動力が著しく減少できる。

【0024】(2) 水素吸蔵材料に貯蔵した水素を送出するときには、水素吸蔵材料の温度を適切に設定することで高い圧力の水素を得ることができる。このため、圧縮機を用いる場合に必要の水素の圧縮動力を大幅に削減できる。

【0025】(3) 高温の高純度水素のもつ顕熱を原料ガスや水蒸気の加熱に利用できるため、装置のエネルギー効率を向上させることができる。

【0026】(4) 水素吸蔵材料の加熱に、高温の高純度水素の冷却に用いた冷却水を利用することで、熱の有効利用を図ることができる。

【0027】(5) 水素吸蔵材料と冷却手段との間に圧力調整装置を設置することで、水素分離膜の水素透過側の急激な圧力低下を防止することで水素分離膜の耐久性を向上させるとともに、水素吸蔵材料の水素吸蔵に伴う温度の急激な上昇も防止し、水素吸蔵材料の熱衝撃を和らげ、更に、水素製造装置からの水素製造量の経時変化

をできるだけ抑制し平準化できる。

【0028】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を以下に説明するが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではない。

【0029】【第1の実施の形態】図1は本発明を実施する装置構成の概略図である。図1に示すように、本実施の形態にかかる水素製造装置は、炭化水素や含酸素炭化水素化合物を原料とし、触媒上の水蒸気改質反応によって水素を製造する水素製造装置であって、該触媒を加熱する手段を有するとともに該触媒層内に水素を選択的に分離する水素分離膜を内蔵した水素分離型改質器100と、該改質器100から得られた高温の高純度水素を冷却する冷却手段106と、該冷却手段106の後流に設置された水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段108とを具備してなるものである。ここで、前記水素分離型改質器（以下、「改質器」という）100としては、本発明では特に限定されるものではないが、例えば図8、9に示した構造を有するものを使用することができ、以下の説明においては図8、9の装置について同符号を使用し、構成の重複した説明は省略する。

【0030】この改質器100にはメタンやメタノールなどの炭化水素や含酸素炭化水素からなる原料ガス101と水蒸気102とが供給され、主に水蒸気改質反応により主に水素、一酸化炭素および二酸化炭素からなる混合ガスに改質される。このガス中の水素が選択的に分離され、改質器100から高温（400～550℃）の高純度水素103として抜き出される。また、水素が分離された残ガスはオフガス104として改質器100から抜き出され、改質器100の燃焼側に供給され、改質器100のバーナ（図7に示した改質器のバーナ46）において、燃焼用空気105と混合した後、燃焼に供給される。また、供給される原料ガス101の一部101aと混合して燃料として使用しても良い。

【0031】改質器100で分離された高温の高純度水素103は、冷却器106で冷却され、低温（30～200℃）の高純度水素107となり、水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段108に貯蔵されるとともに、該水素の貯蔵・送出手段108から高圧水素（2atm以上）109として送出される。

【0032】また、低温の高純度水素107には二酸化炭素や一酸化炭素等のごく微量の不純物が含まれるため、低温の高純度水素107の貯蔵あるいは送途中に、間欠的にパージ水素110aとして改質器100へ送られ、燃料の一部としている。または、改質器100へ送らない場合には低純度水素110bとして系外へ排気される。

【0033】第1の形態の冷却器106は、原料ガス101と水蒸気102の混合ガス111が、間接的に高温の高純度水素103と熱交換され、混合ガス111は予

熱された後に改質器100へ供給するようにしている。

【0034】本発明を実施する水素の貯蔵・送出手段108の水素吸蔵材料としては、水素を含む混合ガスから水素を選択的に吸蔵し、加熱することにより吸蔵した水素を放出するものであれば何ら実施形態に制限されるものではない。

【0035】特に、実用的な水素吸蔵材料としては、いわゆる水素吸蔵合金が知られており、例えばLaNi₅等の希土類-Ni系合金、ミッシュメタル系合金、TiFe等のチタン・ジルコニウム系合金、Mg₂Ni等のMg系合金、V系合金、CaNi₅等のカルシウム系合金等が利用可能であるが、本発明では特に限定されるものではない。また、カーボンナノチューブ等から構成される水素を吸蔵する吸蔵材料でも利用可能である。

【0036】前記冷却器106の間接型熱交換器としては、通常のシェル&チューブ型熱交換器やプレート型熱交換器等が利用でき、高温の高純度水素103と直接接触せずに冷却させることができるものであれば実施形態は何ら制限されるものではない。

【0037】本実施の形態によれば、改質器100より分離した高温（400～550℃）の高純度水素103を、間接熱交換器である冷却器106によって水素吸蔵材料の水素を吸蔵し易い温度である30～200℃程度まで一旦下げ、水素吸蔵材料である水素の貯蔵・送出手段108へ供給することで、水素吸蔵速度と吸蔵量を増加させることができる。また、大気圧以下の低い圧力で改質器から水素を取り出すことが出来るため、改質器100の水素分離膜の膜面積を減少させることができる。また、従来のように水素の引出に、真空ポンプを利用した場合に比べ、所要動力が著しく減少できる。

【0038】水素吸蔵材料に貯蔵した水素を送出するときには、水素吸蔵材料である水素の貯蔵・送出手段108の温度を適切に設定（例えば80℃近傍）することで、高い圧力の放出水素を得ることができる。このため、圧縮機を用いる場合に必要な水素の圧縮動力を大幅に削減できる。

【0039】さらに、改質器100で改質された高温の高純度水素103のもつ顕熱を、冷却器106において原料ガスや水蒸気の加熱に利用できるため、装置全体のエネルギー効率を向上させることができる。

【0040】【第2の実施の形態】図2は本発明の第2の実施の形態の装置構成の概略図である。図2に示すように、前記第1の実施の形態では、高温の高純度水素103のもつ顕熱を利用するため、冷却器106に原料ガス101と水蒸気102との混合ガス111を供給して熱交換しているが、本実施の形態では、燃焼用空気105を供給している。前記冷却器106は、例えば間接型熱交換器のものを使用することができ、図2に示した場合では、例えば燃焼用空気105と高温の高純度水素103とが熱交換により水素が冷却されることで、低温の

高純度水素107となる。一方の熱交換し加熱された加熱燃焼空気105aは、改質器100のバーナ（図7に示した改質器のバーナ46）へ供給される。

【0041】このように、図2に示す形態では、燃焼用空気105が間接的に高温の高純度水素103と熱交換され、予熱された後、改質器100へ供給するようにして、装置全体のエネルギー効率を向上させることができる。

【0042】【第3の実施の形態】図3に第3の実施形態を示す。この形態では、冷却器106では低温流体120aとして大気あるいは冷却水を冷却器106へ供給し、これらによって高温の高純度水素103と熱交換して低温の高純度水素107を得るようにしている。なお、熱交換後の低温流体120bは系外へ排気され、他の熱源として利用される。

【0043】【第4の実施の形態】図4に第4の実施形態を示す。この形態では、水素の貯蔵・送出手段として水素吸蔵材料108Aおよび水素吸蔵材料108Bの2基から構成されており、図4においては、水素吸蔵材料108Aを水素吸蔵側とし、水素吸蔵材料108Bを水素送出側としている。この水素貯蔵側の水素吸蔵材料108Aでは低温の高純度水素107を流通させ、冷却水121aを供給して該水素吸蔵材料108A全体を冷却することで水素を効率的に吸蔵し貯蔵している。また、間欠的に低純度水素110bを排気したり、パージ水素110aとして改質器100へ送っている。一方、水素送出側の水素吸蔵材料108Bでは、低温の水素107を流通させない状態で、別途供給される高温水（50～100℃）122aによって合金全体を加熱し、水素吸蔵合金内に貯蔵された水素を放出し、高圧水素109として系外へ送出する。ここで、水素供給側の水素吸蔵材料108Aにおいて、水素吸蔵材料の吸蔵量の設定値まで水素を吸蔵した時点で、低温の高純度水素107の供給と冷却水121aの供給とを停止し、高温水122bを流すことによって、高圧水素109を放出させる。これと同時に、水素放出側の水素吸蔵材料108Bでは、高温水122aの供給および高圧水素109の放出を停止し、冷却水121bを流しながら、低温の高純度水素107を供給し、水素を吸蔵させる。以上の操作を交互に繰返しながら、高圧水素109を送出する。また、このとき水素送出側の水素吸蔵材料108B内に存在する低純度水素110cを間欠的に排気することも可能である。

【0044】なお、水素放出用に供給される高温水122a、bは、装置内の熱エネルギーを効率よく利用するために高温の高純度水素103を冷却する冷却器106に供給された冷却水123の排熱を利用するようにしても良い。本実施の形態によれば、水素送出側の水素吸蔵材料108Bの加熱に、高温の高純度水素103の冷却に用いた冷却水123の排熱を利用することで、熱の有

効利用を図ることができる。

【0045】【第5の実施の形態】図5に第5の実施形態を示す。この実施形態では、冷却器106と水素の貯蔵・送出手段108との間に高温の高純度水素103および107の圧力調整手段130を設置するものである。該圧力調整手段130としては通常のバルブが利用できる。好ましくは低圧力損失のものが良い。圧力調整後の高純度水素131は水素吸蔵材料108へ供給される。本実施の形態によれば、水素の貯蔵・送出手段108と冷却手段106との間に圧力調整装置130を設置することで、改質器100内の水素分離膜の水素透過側の急激な圧力低下を防止するバッファゾーンが形成され、この結果水素分離膜の耐久性を向上させることができる。また、水素の貯蔵・送出手段108の水素吸蔵に伴う温度の急激な上昇も防止し、水素の貯蔵・送出手段108の熱衝撃を和らげ、更に、水素製造装置からの水素製造量の経時変化をできるだけ抑制し平準化でき、バランスのよい水素製造を行うことができる。

【0046】

【実施例】以下、本発明の好適な一実施例について説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0047】（実施例1）本発明にかかる第一の実施例を図3に示した装置構成により説明する。水素分離型改質器100は、実施の形態と同様に、図7、8に示した構造を有するものとした。冷却手段106である熱交換器は、プレートフィン型のものを用い、低温流体120aとして冷却水を用い、高温の高純度水素103を冷却した。水素の貯蔵・送出手段108の水素吸蔵材料としては、LaNi₅よりなる水素吸蔵合金を2基用いて構成した。図3に示したフローに従って、下記のような具体的な条件で水素を製造した。

【0048】(1) 水素分離型改質器（100）

① 主要構成

改質器100の触媒としては、粒子状のNiO系触媒を用い、水素分離膜はPd合金製のものを用いた。また、膜面積は0.68m²とした。

② 運転条件

改質器の反応温度を550℃とし、反応圧力を6atmとし、原料ガスとしては、メタンを用いた。なお、原料ガス流量は1.5m³N/hとし、スチーム・カーボン比は3として運転した。

【0049】(2) 冷却器（106）

冷却器106である熱交換器はプレートフィン型のものを用い、冷却媒体として冷却水を用いた。冷却水の入口温度を25℃、冷却水の出口温度を80℃とした。冷却器106に供給される高温の高純度水素103の入口温度を450℃とし、熱交換後の低温の高純度水素107の出口温度を40℃とした。

【0050】(3) 水素の貯蔵・送出手段（108）

水素の貯蔵・送出手段108である水素吸蔵合金はLa

Ni、合金を2基用いた。該水素吸蔵合金の吸蔵時の冷却水入口温度は30℃とし、放出時の冷却水入口温度は80℃とした。なお、水素吸蔵合金の吸蔵能力は4m³N/基である。

【0051】(4)水素製造量

本実施例のように水素吸蔵合金を用いた場合における水素製造量は3.0m³N/hであった。一方、本実施例において、水素吸蔵合金を用いない場合は、水素製造量は1.5m³N/hと約1/2であった。

【0052】(5)水素圧縮動力

本実施例では、水素吸蔵合金で6atmの水素を3.0m³N/h供給する時の所要動力は約0.05kWであった。一方、水素3.0m³N/hを1atmから6atmまでコンプレッサで圧縮した時の所要動力は約0.9kWであった。

【0053】(実施例2)本発明にかかる第二の実施例を図3に示した装置構成により説明する。

【0054】(1)水素分離型改質器(100)

構成および運転条件は実施例1と同じとした。

【0055】(2)冷却器(106)

冷却器106において、低温の高純度水素107の出口温度を80℃とした以外は、実施例1に同じとした。

【0056】(3)水素吸蔵合金

実施例1と同じ構成および運転条件とした。

【0057】(4)水素製造量

第1の実施例のように高純度水素出口温度を40℃とした場合には、3.0m³N/hであったが、高純度水素出口温度を80℃とした場合には、2.0m³N/hであった。

【0058】(実施例3)本発明にかかる第3の実施例を図5に示した装置構成により説明する水素分離型改質器100、熱交換器106、水素吸蔵材料108は、共に実施例1と同じ構成とした。また圧力調整装置130は圧力調整弁よりなり、水素吸蔵材料108による水素吸蔵開始時の急激な圧力低下を緩和するため、熱交換器106から流出する低温の高純度水素107の急激な圧力変化を抑制する。下記のような具体的な条件で水素を製造した。

【0059】水素分離型改質器100、熱交換器106、水素吸蔵合金108の構成および運転条件は実施例1と同じとした。

【0060】図6に水素吸蔵時における低温の高純度水素の圧力変化を示す。圧力調整することで吸蔵を開始した時点で生ずる急激な圧力低下が緩和される。

【0061】本実施例のように、圧力調整装置130を設置した場合には、3.5m³N/hと向上した。なお、圧力調整装置を用いない場合は3.0m³N/hであった。

【0062】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の【請求項1】の発明によれば、炭化水素や含酸素炭化水素化合物

を原料とし、触媒上の水蒸気改質反応によって水素を製造する水素製造装置であって、該触媒を加熱する手段を有するとともに該触媒層内に水素を選択的に分離する水素分離膜を内蔵した水素分離型改質器と、該改質器から得られた高温の高純度水素を冷却する冷却手段と、該冷却手段の後流に設置された水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段とを具備してなるので、以下の効果を奏する。

(1) 水素分離型改質器に内蔵された水素分離膜の透過側に分離された高純度水素を、一旦冷却後、水素吸蔵材料に吸蔵させることで、水素製造量を増加させることができる。

(2) また、水素分離型改質器からの高純度水素を冷却器によって、水素吸蔵材料の吸蔵性能に適合した温度まで冷却することで、水素吸蔵量を増加させることができる。

(3) 前記の効果から、水素分離膜の面積を減少させることができる。

(4) 水素の圧縮・送風に機械的な回転機を使用しないため、動力を削減できる。

【0063】【請求項2】の発明によれば、前記高温の高純度水素を冷却する手段が、間接的な熱交換器からなるので、効率的な熱交換ができる。

【0064】【請求項3】の発明によれば、請求項1又は2において、前記間接的な熱交換器を介して前記高温の高純度水素を冷却する流体が、前記水素分離型改質器に供給される原料ガス又は燃焼用空気のいずれか一方又は両方であるので、熱交換に別途冷却水等を用いることが不要となり、また、予熱により改質効率が向上し、装置全体の熱交率を向上させることができる。

【0065】【請求項4】の発明によれば、請求項1乃至3のいずれか一項において、前記間接的な熱交換器を介して前記高温の高純度水素を冷却するための流体が大気又は冷却水のいずれか一方又は両方であるので、高温の高純度水素の顕熱を回収し利用することができる。

【0066】【請求項5】の発明によれば、請求項1乃至4のいずれか一項において、前記水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段が、加熱冷却手段を内蔵した水素吸蔵合金であって、少なくとも2基以上からなるので、効率的な水素の吸蔵が可能となる。

【0067】【請求項6】の発明によれば、請求項5において、前記間接的な熱交換器を介して前記高温の高純度水素を冷却する流体が冷却水であり、該熱交換器の熱交換により加温された温水を前記水素吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段における水素送出手段の加熱用として供されるので、高温の高純度水素の顕熱を回収し利用することができる。

【0068】【請求項7】の発明によれば、請求項1乃至6のいずれか一項において、前記高温の高純度水素を冷却する冷却手段と該冷却手段の後流に設置された水素

吸蔵材料からなる水素の貯蔵・送出手段との間に、圧力調整手段を介装してなり、前記水素の貯蔵・送出手段へ供給される前記高純度水素の圧力を調整することにより、分離された高純度水素の圧力変化を調整でき、水素吸蔵量を増加することができる。また、圧力変化を緩和することで、水素分離膜の透過側と非透過側との圧力差の変動を小さくできるため、膜の耐久性向上を図ることができる。

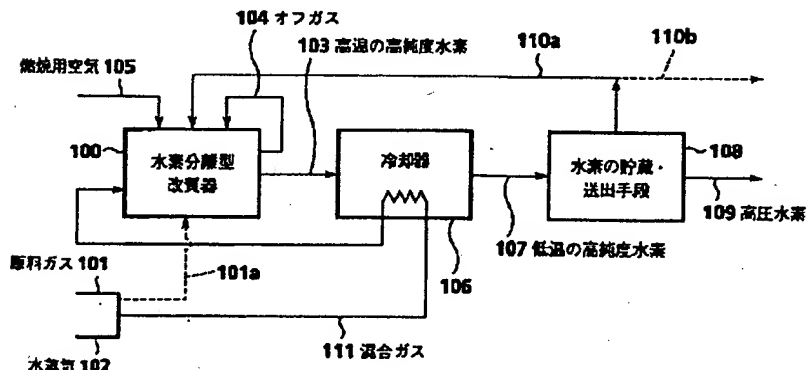
【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態の概略図である。
 【図2】 本発明の第2の実施の形態の概略図である。
 【図3】 本発明の第3の実施の形態の概略図である。
 【図4】 本発明の第4の実施の形態の概略図である。
 【図5】 本発明の第5の実施の形態の概略図である。
 【図6】 水素吸蔵時における低温の高純度水素の圧力変化のグラフである。
 【図7】 水素製造装置の斜視的断面図である。
 【図8】 図7の水素製造装置の模式的横断面図である。
 【図9】 従来の水素製造装置の概略図である。

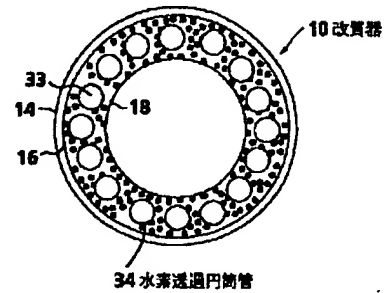
【符号の説明】

- 100 改質器
- 101 原料ガス
- 102 水蒸気
- 103 高純度水素
- 104 オフガス
- 105 燃焼用空気
- 106 冷却器
- 107 低温の高純度水素
- 108 108 A, B 水素吸蔵材料
- 109 高圧水素
- 110 a パージ水素
- 110 b 低純度水素
- 110 c 低純度水素
- 121 a, 121 b 冷却水
- 122 a, 122 b 高温水
- 123 冷却水
- 130 圧力調整装置
- 131 圧力調整後の高純度水素

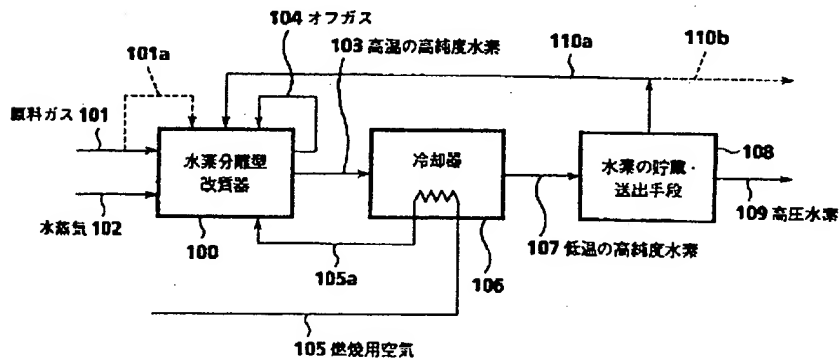
【図1】



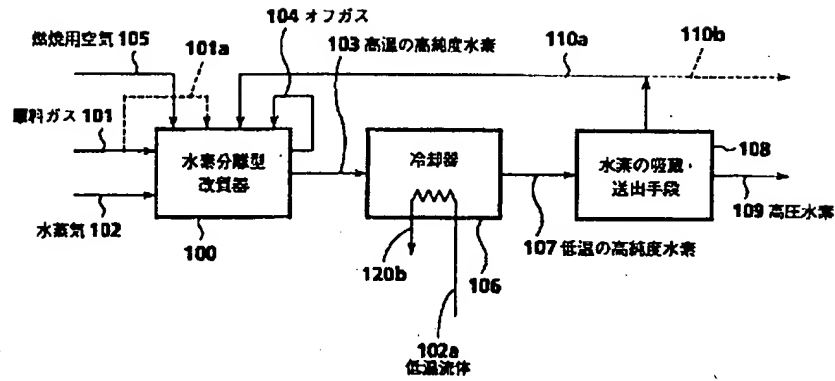
【図8】



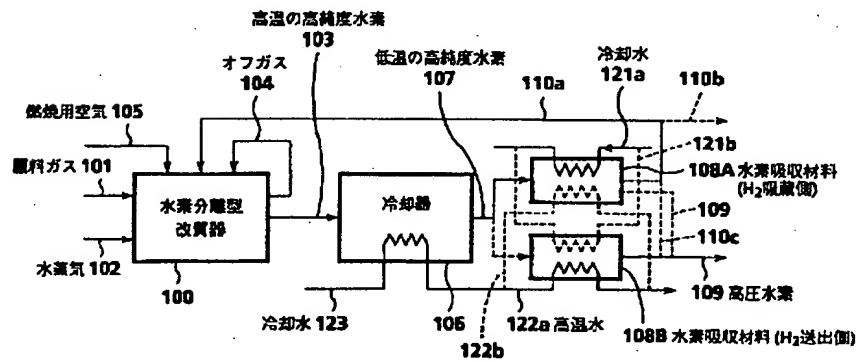
【図2】



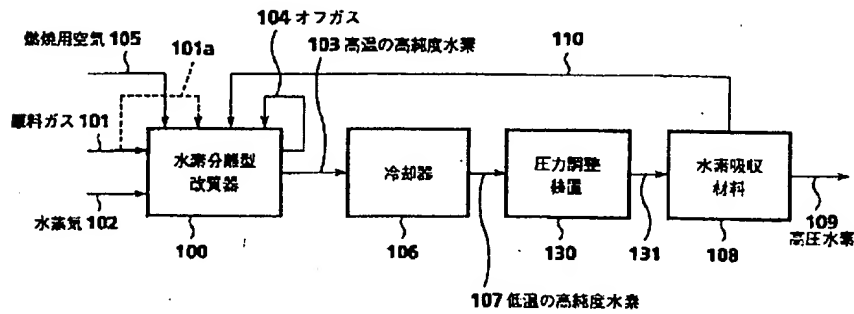
【図 3】



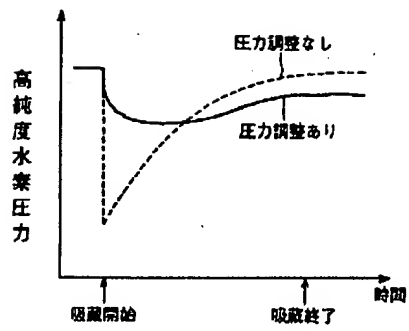
【図 4】



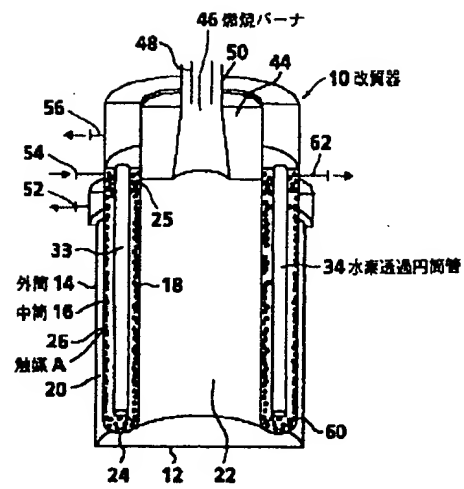
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 9】

